

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2001-165773

(43) Date of publication of application : 22.06.2001

(51) Int.CI.

G01J 3/12
G01J 3/18

(21) Application number : 11-354514

(71) Applicant : ASAHI GLASS CO LTD

(22) Date of filing : 14.12.1999

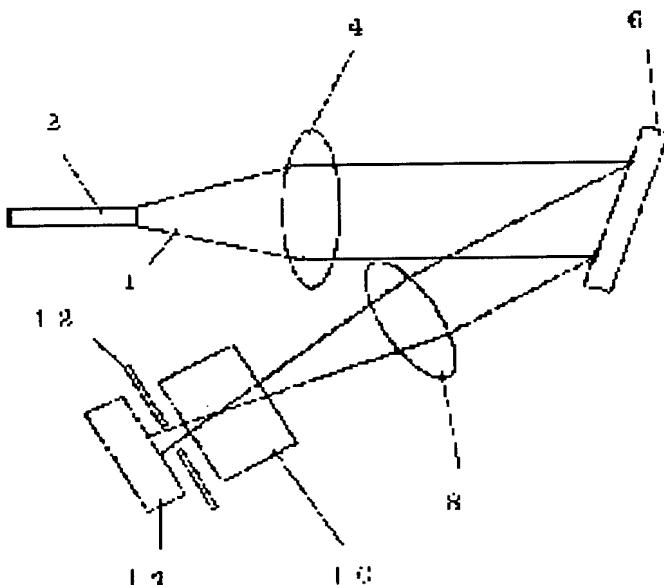
(72) Inventor : SHIMIZU RYUICHIRO
SENOO TOMONOB
TANABE YUZURU

(54) SPECTROSCOPE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a spectroscope compact by reducing the area of the light receiving part of a light receiving element and using a condensing lens with a short focal distance.

SOLUTION: Light to be measured 1 is passed through a collimating lens 4, made incident onto a first diffraction grating 6 in which a grating is not temporally moved, and diffracted. The diffracted light is passed through a condensing lens 8, made incident onto a second diffraction grating 10 in which a grating temporally is temporally moved, and deflected. Then the optical spectrum of the light to be measured 1 is detected by a light receiving element 14 in this spectroscope.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

- [Date of sending the examiner's decision of rejection]
- [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
- [Date of final disposal for application]
- [Patent number]
- [Date of registration]
- [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



F1391

特許第2001-65099号(4)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-165773

(P2001-165773A)

(43)公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 1 J 3/12
3/18

識別記号

F I
G 0 1 J 3/12
3/18

テ-ヨ-ト(参考)
2 G 0 2 0

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全6頁)

(21)出願番号

特願平11-354514

(22)出願日

平成11年12月14日 (1999.12.14)

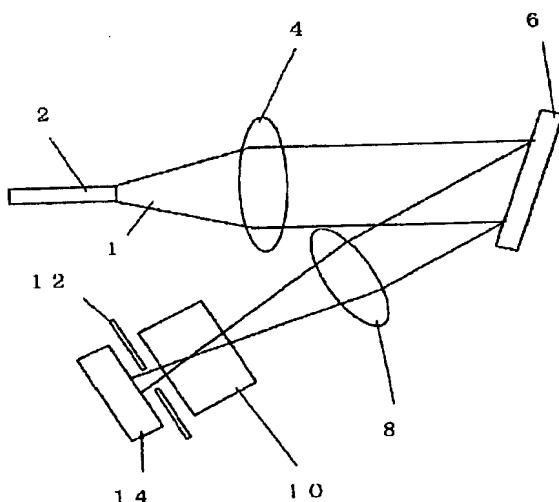
(71)出願人 000000044
旭硝子株式会社
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
(72)発明者 清水 龍一郎
福島県郡山市待池台1-8 郡山西部第二
工業団地 旭硝子郡山電材株式会社内
(72)発明者 妹尾 具展
福島県郡山市待池台1-8 郡山西部第二
工業団地 旭硝子郡山電材株式会社内
(72)発明者 田辺 譲
東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 旭
硝子株式会社内
Fターム(参考) 2G020 AA02 BA20 CB46 CC02 CC06
CC31 CC63 CD04 CD32 CD39

(54)【発明の名称】 分光装置

(57)【要約】

【課題】受光素子の受光部面積を小さくできるようにし、かつ焦点距離の短い集光レンズを使用できようにして、分光装置の小型化を図る。

【解決手段】被測定光1をコリメートレンズ4を経て、格子が時間的に移動しない第1の回折格子6に入射し回折させ、この回折光を集光レンズ8を経て格子が時間的に移動する第2の回折格子10に入射し偏向させて、被測定光1の光スペクトルを受光素子14にて検出する構成の分光装置とする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の異なる波長の光を含む被測定光をそれが固定して設置された第1の回折格子および第2の回折格子にこの順に透過させ、被測定光の光スペクトルを検出する分光装置であって、第1の回折格子は前記被測定光を回折して波長が非連続的な分散光とするため格子が時間的に移動しない回折格子であり、第2の回折格子は前記分散光を波長の順に、かつ時系列的に偏向させるため格子が時間的に移動する回折格子であることを特徴とする分光装置。

【請求項2】第2の回折格子が音響光学光変調素子であり、前記音響光学光変調素子がパルス状の電気信号によって駆動される請求項1に記載の分光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は分光装置、特に回折格子を2つ有する分光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】波長分割多重(WDM)方式による光通信システムは、大容量のデータ伝送を実現するものとして期待されている。このWDM方式の光通信システムでは、複数の異なる波長の光信号を多重化して光伝送路を通じて伝送するため、この光通信システムに固有の障害が発生する。例えば、複数の波長の光信号のうち1波長の光信号が伝送されなかったり、各光信号間で光量が不均一となって、ある波長の光信号は充分な光量と高S/N比であり充分受信できるが、他の波長の光信号は光量不足と低S/N比で受信不能になったり、また各光信号の波長がドリフトしたりする障害が発生する。

【0003】これらの障害を検知する装置がいくつか提案されている。例えば、図8に示すような単純なポリクロメータ光学系で構成した光スペクトラム・アナライザがある。このアナライザは、光ファイバ2を通して入射した被測定光がコリメートレンズ4で平行光とされ、この平行光が回折格子5により回折後、集光レンズ8により集光されて、複数の受光部からなるアレイ素子15によって受光される分光装置である。そして、各受光部の出力と光パワー分布とから光の波長を補正して求めることができ、さらに全光パワーを測定できる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来の光スペクトラム・アナライザは、機械的可動部を有しないため、装置の長期安定性や信頼性に優れ、高速測定ができる反面、下記のように性能、サイズなどの面でそれぞれ問題があった。すなわち、高S/N比を達成するため、アレイ素子部での波長分散量を大きくする必要があり、このために長焦点距離の集光レンズを使用している。さらにアレイ素子の集光面でのビーム集光性をよくするために色収差などの小さい高品質な集光レンズを必要としていた。これら長焦点距離や高品質のレンズの使

用のため、装置の小型化が妨げられていた。

【0005】さらに、アレイ素子は多数の受光部から構成されているために、生産性もよくなかった。また、受光部の数に比例して信号用の多くの出力ラインも必要となりこれらが複雑に絡みあうこと、さらに受光部のサイズが小さいため電荷蓄積方式による読み出しが行われているが、この方式の信号処理回路はC-MOSトランジスタからなるシフトレジスタ、チャージアンプ、ホールドなどの回路を含んでおり複雑な構成となる問題があつた。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、複数の異なる波長の光を含む被測定光をそれが固定して設置された第1の回折格子および第2の回折格子にこの順に透過させ、被測定光の光スペクトルを検出する分光装置であって、第1の回折格子は前記被測定光を回折して波長が非連続的な分散光とするため格子が時間的に移動しない回折格子であり、第2の回折格子は前記分散光を波長の順に、かつ時系列的に偏向させるため格子が時間的に移動する回折格子であることを特徴とする分光装置を提供する。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の分光装置は、回折格子(第1の回折格子)を使用した上記の光スペクトル光スペクトラム・アナライザの測定光路の途中に、格子が時間的に移動する第2の回折格子を配置したものである。この第2の回折格子として、例えば、音響光学光変調素子があり、この音響光学光変調素子を用いて、第1の回折格子により回折された分散光を波長の順に、かつ時系列的に偏向させる機能を有している。その結果、被測定光に含まれる情報(光信号)を時間の関数として検出できる。

【0008】従来は、被測定光に含まれる情報を時間の関数ではなく、アレイ素子の受光面の位置の関数として検出していたために、高い波長分解能を達成するためには多数の受光部を有したアレイ素子を必要とし、前述のように装置が大型となっていた。

【0009】また、音響光学光変調素子の場合、集光して入射する被測定光に対し偏向光強度が入射角に依存する。このために、被測定光中の光信号の大部分が良好に偏向されるための回折条件を満足している主信号は、効率よく回折される。すなわち、高S/N比を達成できる。これに対し大部分が回折条件を満足していないノイズ信号は、効率よく回折されない。

【0010】本発明では、従来と同等のS/N比を達成するためには必要な分散量は、情報を時間の関数として検出できるため、従来より小さくでき、焦点距離の短い集光レンズを使用できるため装置の小型化が実現できる。また、音響光学光変調素子の場合は電気信号により発生し

50

た超音波を高速に伝搬するので、分散光（光スペクトル）を高速に短時間で検出できる。

【0011】以下、本発明の実施の形態を図1に従って詳細に説明する。WDM伝送ネットワークなどにおける、図示しない主光路から取り出された信号光の一部である被測定光1は、光ファイバ2によってこの分光装置へ導入される。ここで被測定光1は、上述のように複数の波長の光を含んでいる。

【0012】被測定光1は、コリメートレンズ4により平行光とされ第1の回折格子6に入射される。この第1の回折格子6として、1mmあたり数百から数千の等間隔の刻線を有し、1辺の長さが数cm程度の方形をした回折格子が多く用いられている。回折格子6に入射した被測定光1は、これら高密度の刻線によって波長に応じた回折を受けながら分散し、集光レンズ8に向かって伝搬していき、被測定光1の分散光は各々の波長に応じた受光素子14上の受光面位置に集光する。

【0013】被測定光1の集光位置に設置した第2の回折格子10は、その回折格子の格子形成方向（格子の並んでいる方向）を、例えば光スペクトルの分散方向と一致させているため、この回折格子上に集光した被測定光を時系列的に回折させることができる。さらに第2の回折格子10により偏向された被測定光1はその偏向成分のみを受光するように、開口部を有した空間フィルタ2および受光素子14を配置し、受光素子14に到達した時刻に対応した光の波長と光パワーが測定される。

【0014】ここで、偏向成分とは第2の回折格子によって偏向された被測定光の部分をいう。すなわち、被測定光が第2の回折格子に入射して回折により偏向されるとき、被測定光の全てが偏向されるのではなく偏向されずに透過するものもあり、偏向されたものを偏向成分といい、偏向されなかったものを非偏向成分という。

【0015】本実施の形態では、第2の回折格子10として音響光学光変調素子を使用するものとして説明する。音響光学光変調素子は図2に示すように、電気信号を機械的な信号に変換する圧電体16および圧電体16の機械的な振動を超音波17に変換して伝搬する伝播媒体18となる。通常、この圧電体16には電気機械変換効率の大きなニオブ酸リチウムなどを使用でき、伝播媒体18にはモリブデン酸鉛や二酸化チルなどの結晶材料、またはカルコゲナイトや石英などのガラス材料を使用できる。

【0016】本発明における音響光学光変調素子の駆動方法、配置について図3を用いて説明する。圧電体に印加する駆動RFパワーは、RF信号源26からの例えば矩形状のパルスとし、圧電体面20で発生したパルス状超音波によって形成された回折格子領域22a、22b、22cは圧電体面20に対向したテープ面24に向かって伝搬し、テープ面24で散乱される。また被測定光1a、1b、1cは回折格子領域22a、22b、2

2cのそれぞれ対応する領域により偏向される。

【0017】本発明においては、音響光学光変調素子は、光の波長に応じて分散した被測定光のすべてをその回折格子領域22a、22b、22c中に含む素子の形状および大きさを有している。図3では3つの回折格子領域しか記載されていないが、実際は信号光の数だけの、例えば40の回折格子領域がある。図3に示すように被測定光は、圧電体面20に近い被測定光1aから順次1b、1cと時系列的に、それぞれの回折格子領域22a、22b、22cによって偏向されることとなり、受光素子にも時系列的に偏向成分が到達し受光される。

【0018】印加するパルス状のRFパワーのパルス周期、パルス幅は、下記のようにして決められる。まず、最初の被測定光1aにパルスを入射しこれを偏向し、その後被測定光1b、被測定光1cと順次偏向して、被測定光1aに戻って次の偏向を開始するまでの時間間隔をパルス周期と定める。

【0019】次に、パルス幅T_wは必要な波長分解能R_wより次のようにして定まる。すなわち、隣接する被測定光間の波長間隔である最小波長間隔を△λ、被測定光の波長分散量をdとすると、波長分解能R_wは、R_w = △λ・T_w・V/dとなる。ここで、伝搬媒体中の超音波伝搬速度をVとした。この式より、パルス幅T_wが定まる。図3に示すそれぞれの被測定光1a、1b、1cと図4のそれぞれの受光パワー3a、3b、3cとが対応している。

【0020】音響光学光変調素子の伝搬媒体の必要な大きさについて、媒体中の超音波伝搬方向と被測定光の分散方向（被測定光1a、1b、1cの中心を結ぶ直線の方向）とのなす角度θ（図5参照）を変化させて、具体的に考察する。図5で1a'、1b'、1c'は被測定光1a、1b、1cのそれぞれの偏向成分、14は受光素子を、26はRF信号源を表わす。

【0021】角度θが例えば、超音波伝搬方向と被測定光の分散方向が一致するθ = 0度のときは、被測定光1a、1b、1cが超音波伝搬方向である横方向に並び、その方向に全分散量D以上の媒体の長さ（図5の横方向）が必要であり、さらに回折格子領域の幅W（超音波伝搬方向に対し垂直方向の長さ）は被測定光の集光径2w_w程度は必要であり、集光径2w_w以上の伝搬媒体の幅（図5の縦方向）が必要となる。ここで、全分散量Dとは波長分散量dを全ての波長について加え合わせたものである。

【0022】また、超音波伝搬方向と被測定光の分散方向が直交するθ = 90度に近づくと回折格子領域の幅Wが全分散量Dに近づき、超音波伝搬方向へは集光径2w_w以上の媒体の長さ（図5の横方向）が必要となる。さらに正確にいえば、圧電体面の近くでは圧電体の振動による発熱のため被測定光の偏向方向が不安定となるので、被測定光は圧電体面から数mm程度離れた媒体中の

5

位置に入射させる。このため、超音波伝搬方向の集光径 $2w_0$ にこの数mmを加えた長さ（図5の横方向）以上に媒体の長さが必要である。

【0023】音響光学光変調素子へ入射する被測定光の光量に対する偏向成分光の光量の比である偏向効率が透過光があるため100%ではないこと、光の波長に応じて分散した複数の被測定光（分散光）の全てを充分に分離させる必要があることのために、偏向素子としての音響光学光変調素子による偏向角度 θ は数度以上が望まれる。

【0024】この偏向角度 θ は、1つの被測定光の波長 λ 、音響光学光変調素子へ印加する電気信号（電圧）の駆動周波数を f 、伝搬媒体中の音速を V とすると、 $\theta = f \times \lambda / 2V$ となる。この偏向角度 θ を大きくするために、音響光学光変調素子に印加する駆動周波数はできるだけ大きくし、使用した伝搬媒体は超音波速度の比較的遅いものを選択した。

【0025】しかし、駆動周波数を大きくすると伝搬媒体の超音波吸収量が大きくなり、被測定光の入射位置に依存して偏向効率に差が生じる。すなわち、圧電体の近くでは偏向される光量が大きいが圧電体から離れるると光量は小さくなる。したがって、分光装置では波長によって伝搬媒体への入射位置が異なるため、光量が波長の大きさに依存する。この依存性があると分光装置の光量ダイナミックレンジが制限され、したがって駆動周波数を大きくすることは好ましくない。

【0026】また、音響光学光変調素子を特定の駆動RFパワーで駆動し高い偏向効率を達成するためには、相互作用長さと回折格子領域の幅Wとの比L/Wを大きくする必要があるが、伝搬媒体の小型化のために相互作用長さは制限される。ここで、相互作用長さとは、被測定光が伝搬媒体を透過する透過方向成分とパルス状超音波との相互作用をする長さである。

【0027】一方、回折格子領域の幅Wを小さくすることにより、偏向効率は高くなるが前述の角度 θ は小さくなる。すなわち、角度 θ が小さくなると偏向効率は高くなる長所があるが、図5の例えれば被測定光1bと偏向成分1a' とが重なって測定にノイズ加算される短所となる可能性が高まる。

【0028】他方、角度 θ を大きくする長所もある。図5に示すように受光素子14（受光素子は音響光学光変調素子に設置されているのではなく、音響光学光変調素子から離れて背後に配置されている）の伝搬媒体上への射影像の長手方向を超音波伝搬方向に対し角度 θ をなすように配置する。この射影像の長手方向の中心線（偏向成分1a'、1b'、1c' の中心を結ぶ線）と非偏向成分（1a、1b、1c）との分離量Zは、超音波伝搬方向への分離量（1cと1c' の中心間距離）をYとすると $Z = Y \sin \theta$ となる。

【0029】この式より、角度 θ の増加に伴い超音波伝

搬方向への分離量Yに対し、分離量Zは大きくでき、偏向成分（1a'、1b'、1c'）と非偏向成分（1a、1b、1c）とが充分に分離できる。したがって、角度 θ を大きくするか、または小さくするかの選択は、偏向効率が高いことを優先するか、または偏向／非偏向成分の分離が大きいことを優先するかの選択となる。

【0030】以上の高偏向効率と偏向／非偏向成分との分離大の両立性を考慮し、一つの例として角度 $\theta = 30^\circ$ を選択した。次に音響光学光変調素子の偏向成分の強度について検討する。一般に音響光学光変調素子においては、被測定光の回折光強度は図6の例に示すように、伝搬媒体への入射角に強く依存する。本発明における構成では、図7に示すように、音響光学光変調素子10へ入射する被測定光1a、1cは収束光となっているため、種々の入射角成分を含んでいる。これら入射角成分うち一部の入射角成分のみが、圧電体16によって伝搬媒体18中に形成される回折格子領域22によって高効率に偏向される。

【0031】すなわち、プラグの回折条件を満たす入射角 θ_1 成分のみを強く偏向し、この条件からはずれた入角度成分はそのずれ量に応じて偏向効率が低くなる。複数の被測定光のうち主信号光はこうしたプラグの回折条件を満たす角度成分を多く含むのに対し、ノイズ信号光は回折条件を満足する角度成分が少ない。この結果、音響光学光変調素子により偏向された被測定光は、主信号光とノイズ信号光との強度比であるSN比を大きくできる。

【0032】例えば、被測定光が最小波長間隔の場合の分散量が $300\text{ }\mu\text{m}$ のとき、従来の単純なポリクロメータ光学系においてSN比はおよそ 30 dB 程度であった。本発明による分光装置では、同じ条件下SN比を 33 dB にまで改善することができた。また同一のSN比 30 dB を達成するための分散量は $300\text{ }\mu\text{m}$ （従来）から $250\text{ }\mu\text{m}$ （本発明）まで低減でき、集光レンズの焦点距離を25%短くできた。これにより、全体構成の体積は60%に小型化できた。また、音響光学光変調素子は電気信号により発生した超音波を高速に伝搬するので、入射した被測定光を高速に短時間で偏向し検出できる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、2つの回折格子を備えた本発明の分光装置においては、第1の回折格子の格子は時間的に移動せず、第2の回折格子の格子は時間的に移動するため、被測定光の情報を時間の関数として時系列的に取り出すことができる。受光素子の受光部面積は小さくてよく、また焦点距離の短い集光レンズが使用できるので装置の小型化が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の分光装置の1例を示す構成図。

【図2】本発明において使用する音響光学光変調素子の

構成を示す概念図。

【図3】本発明における音響光学光変調素子と入射する被測定光との関係を示す概念図。

【図4】本発明における音響光学光変調素子へ入射する被測定光の偏向タイミングがよく合っている例を示す概念図。

【図5】本発明における音響光学光変調素子と、被測定光と、受光素子との関係を示す透過平面図。

【図6】音響光学光変調素子の回折光強度の入射角依存性の1例を示すグラフ。

【図7】本発明における音響光学光変調素子へ入射する収束光である被測定光が主信号、ノイズ信号となる様子を説明する概念図。

【図8】従来の分光装置の1例を示す概念的な平面図。

【符号の説明】

* 1、1a、1b、1c：被測定光

2：光ファイバ

4：コリメートレンズ

6：第1の回折格子

8：集光レンズ

10：第2の回折格子

12：空間フィルタ

14：受光素子

15：アレイ素子

16：圧電体

18：媒体

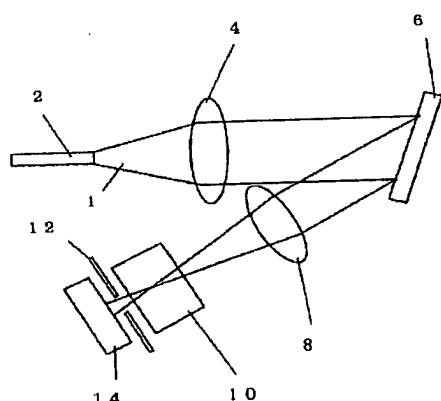
20：圧電体面

22：回折格子領域

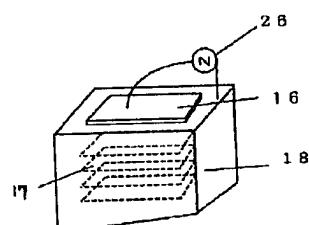
24：テーパ面

* 26：RF信号源

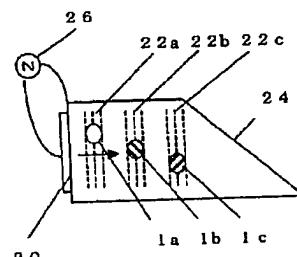
【図1】



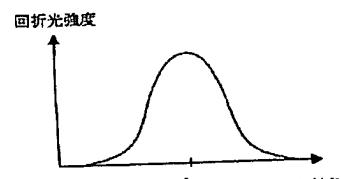
【図2】



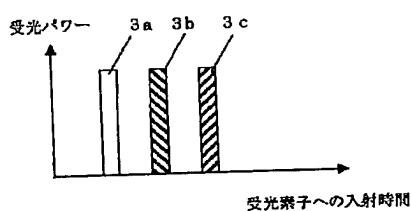
【図3】



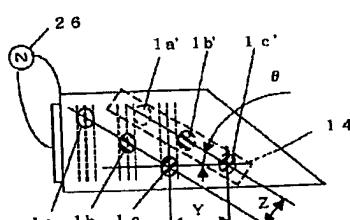
【図6】



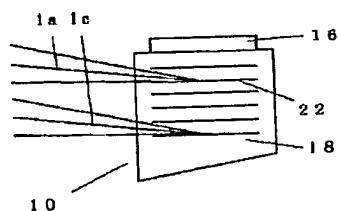
【図4】



【図5】



【図7】



【図8】

